คุณสมบัติของแผ่นเอ็มดีเอฟผสมสารสกัดแทนนินจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

PROPERTIES OF MDF BOARD MIXINGWITH TANNIN EXTRACT FROM BARK OF *EUCALYPTUS* SPP.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย[1] **(WORATHAM OONJITTICHAI)**

วรวิทย์ พลทัสสะ[2] **(WORAWITH PHONTASSA)**

วริญญา โลมรัตน์[3] **(WARINYA LOMARAT)**

กำพล ชูปรีดา[3] **(KAMPOL CHOOPREEDA)**

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติแผ่นเอ็มดีเอฟ หรือแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางผสมสารสกัดแทนนินจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสได้กำหนดสภาวะในการศึกษา 6 สภาวะ คือ 1. ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักวัสดุแห้ง) 2. ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักวัสดุแห้ง) ผสมสารเร่งแข็ง 1.46 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักกาวแห้ง) 3. ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักวัสดุแห้ง) ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักกาวแห้ง) 4. ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักวัสดุแห้ง) ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารเร่งแข็ง 1.46 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักกาวแห้ง) 5. ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักวัสดุแห้ง) ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ และสารเร่งแข็ง 1.46 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักกาวแห้ง) 6. ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักวัสดุแห้ง) ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และสารเร่งแข็ง 1.46 เปอร์เซ็นต์ (เทียบกับน้ำหนักกาวแห้ง) โดยก่อนการผลิตแผ่น มีการวิเคราะห์ขนาดเส้นใย พบว่ามีสัดส่วนความเพรียวเท่ากับ 17.83 ในปริมาณสูงสุดถึง 33.42 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่างของเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส มีค่า 4.85 และการผ่อนความเป็นกรดเท่ากับ 75 สำหรับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีความเข้มข้นของกาวเท่ากับ 62.30 เปอร์เซ็นต์ ความหนืด 275.00 เซนติพอยต์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.63 และระยะเวลาการแข็งตัวคล้ายวุ้น 44.11 วินาที

[1] ผู้เชียวชาญเฉพาะด้านวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

e-mail : woratham@hotmail.com

[2] นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

[3] ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่น พบว่า การใช้สารสกัดแทนนินให้ผลคุณสมบัติของแผ่นโดยรวมมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ตั้งแต่การใช้สารสกัดแทนนินผสมปริมาณ 0.5–5 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าความคงขนาดของแผ่นหลังแช่น้ำของแผ่นทดสอบใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารเร่งแข็งมีค่าดีที่สุด ส่วนค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง (ไม่ได้ผสมสารสกัดแทนนิน) มีค่าสูงที่สุด สำหรับค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าใกล้เคียงกันทุกสภาวะ ยกเว้นแผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารเร่งแข็ง ส่วนค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นทดสอบผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมสารเร่งแข็งมีค่าสูงที่สุด และการทดสอบปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่า แผ่นทดสอบใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็งมีปริมาณสารระเหยต่ำที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานJIS A 5905–2003 : Fiberboards type 30 พบว่า ค่าการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสภาวะ แต่สำหรับค่าความต้านทานแรงดัดค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ทุกสภาวะและเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 966–2547 พบว่า ทุกคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสภาวะ นอกจากนี้เมื่อมีการตรวจสอบปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่า แผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสารเร่งแข็ง 1.46 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นน้อยที่สุด และเมื่อตรวจสอบความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา พบว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมีความหนาแน่นที่ชั้นไส้ต่ำกว่าชั้นผิว แต่ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลักษณะเช่นนี้แสดงผลถึงความต้านทานแรงดัด และการยึดเหนียวภายในที่สูงขึ้นตามความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น

คำหลัก: กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ สารสกัดแทนนิน แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ไม้ยูคาลิปตัส

คำนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด (PB) และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) นับเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญต่อวงการก่อสร้างและเฟอร์นิเจอร์เป็นอย่างมาก โดยพบว่ามีความต้องการใช้งานเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามความต้องการของโลกในการใช้เพื่อการก่อสร้างและเครื่องเรือนเพื่อการอยู่อาศัยของประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้น

การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดและแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบได้หลายชนิด ไม้ยูคาลิปตัสเป็นพันธุ์ไม้อีกชนิดหนึ่งที่นิยม เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตสูงจึงนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายสามารถเจริญเติบโตได้ในแทบทุกสภาพพื้นที่ ตั้งแต่ในริมน้ำ ที่ราบน้ำท่วม ดินที่เป็นทราย

พื้นที่ดินเลวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี รวมทั้งพื้นที่ที่มีดินเค็มแต่จะไม่ทนทานต่อดินที่มีหินปูนสูง (สุชาติและคณะ, 2550) นอกจากวัตถุดิบไม้แล้ว กาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ดยังมีความสำคัญอีกตัวหนึ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายและกลสมบัติของแผ่น กาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ดส่วนใหญ่เป็นกาวสังเคราะห์มีหลายชนิดได้แก่ Phenol–formaldehyde resin (PF) Melamine–formaldehyde resin (MF) Melamine–urea–formaldehyde resin (MUF) และ Urea–formaldehyde resin (UF) การผลิต Particleboard (PB) และ Medium density fiber board (MDF) นิยมใช้กาว UF เพราะนำไปใช้งานภายในอาคารไม่สัมผัสกับความชื้นและน้ำโดยตรง ส่วนกาว PF MF และ MUF ถึงแม้มีคุณสมบัติการต้านทานน้ำและความชื้นได้ดีตามลำดับแต่ราคาก็สูงเช่นกัน ซึ่งสูงกว่ากาว UF และมีพิษสูงกว่ากาว UF จึงนิยมใช้กาว UF (วรธรรม และคณะ, 2550)

ดังนั้นงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และกาวติดไม้ภายใต้โครงการวิจัยการพัฒนากาวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสำหรับผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้แผนงานวิจัยการพัฒนาผลิตภาพการผลิตวัสดุทดแทนไม้จากวัสดุชีวภาพจึงได้เล็งเห็นความสำคัญ หากมีการนำสารสกัดแทนนินสังเคราะห์ ซึ่งเป็นสารสกัดจากเปลือกยูคาลิปตัสมาผสมกับกาวทางการค้าเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแผ่นบอร์ด โดยมีการศึกษาสมบัติต่างๆ เช่น การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboards, MDF) เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) ไม่ผสมและผสมสารเร่งแข็ง 1.46 เปอร์เซ็นต์ และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง ซึ่งถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการสร้างประโยชน์มากขึ้นทางด้านอุตสาหกรรมและเป็นแนวทางในการพัฒนากาวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

วิธีการศึกษา

งานวิจัยครั้งนี้ใช้เส้นใยยูคาลิปตัสและกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์จากบริษัทอะโกรไฟเบอร์ จำกัด เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางซึ่งมีความเข้มข้นของเนื้อกาว 62.30 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเนื้อกาวที่ใช้ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักอบแห้งของเส้นใย ผสมสารสกัดแทนนินจากเปลือกยูคาลิปตัส 0.5 1 และ5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง 1.46 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักกาวแห้ง และกำหนดแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางให้มีความหนาแน่นของแผ่น 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แล้วนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ได้มาเปรียบเทียบค่าทางกายและกลสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5905–2003 : Fiberboards และ มอก. 966–2547 : แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และกาวติดไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องผสมกาวกับเส้นใย (Glue blender)
2. เครื่องอัดร้อน (Hot–pressing machine)
3. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal testing machine)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Digital balance)
5. ตู้อบ (Drying oven)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 การเตรียมเส้นใย โดยนำเส้นใยเข้าอบเพื่อลดปริมาณความชื้น โดยให้เส้นใยมีความชื้น 3–5 เปอร์เซ็นต์

1.2 การวิเคราะห์ขนาดเส้นใยไม้ (Screen analysis) โดยนำตัวอย่างเส้นใยไม้ไปร่อนคัดขนาดด้วยเครื่องแยกแต่ละตะแกรงที่มีขนาดรูตะแกรงแตกต่างกัน จากนั้นนำเส้นใยไม้ที่ค้างอยู่บนแต่ละตะแกรงชั่งน้ำหนักและนำมาวัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนา โดยใช้เส้นใยไม้ตัวอย่างจำนวน 100 ชิ้น หาค่าเฉลี่ยและรายงานผล

1.3 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การผ่อนค่าความเป็นกรดของไม้ และการผ่อนค่าความเป็นด่างของไม้ (pH, Acid buffering capacity, Alkaline buffering capacity) โดยนำเส้นใยไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 40 เมช นำมาแช่และกวนในน้ำกลั่น กรองเอาแต่สารละลายนำสารละลายที่ได้ไปหาค่า pH การผ่อนความเป็นกรดของไม้ โดยให้ pH ของสารละลายที่ 3.50 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางและการผ่อนความเป็นด่างของไม้ โดยให้ pH ของสารละลายที่ 7.00 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง

1.4 การเตรียมกาว ในการศึกษาการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง กาวที่ใช้ในการอัดแผ่นคือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Ureaformaldehyde; UF) และได้กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของเนื้อกาวต่อน้ำหนักแห้งของเส้นใยไม้อยู่ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์

1.5 สารสกัดแทนนินจากเปลือกยูคาลิปตัส โดยนำสารสกัดแทนนินจากเปลือกยูคาลิปตัสมาเจือจางให้มีความเข้มข้น 5,000 ppm จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง แล้วนำตะกอนที่กรองได้ไปอบแห้ง และนำสารละลายสารสกัดแทนนินไปทำให้แห้งด้วยเครื่อง Spray dry จากนั้นนำผงสารสกัดแทนนินที่ได้มาละลายกับน้ำในอัตราส่วน 50:50 เพื่อนำไปผสมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

1.6 สารเร่งแข็ง (Hardener) เป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวให้เร็วขึ้นและลดระยะเวลาการอัดร้อนให้สั้นลง สารเร่งแข็งที่ใช้ในการผสมครั้งนี้ใช้สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ในปริมาณ 1.46 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของสารเร่งแข็งต่อน้ำหนักแห้งของเนื้อกาวผสม

2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

การผสมกาวกับเส้นใย โดยผสมเนื้อกาวสารสกัดแทนนินเปลือกยูคาลิปตัสและสารเร่งแข็งตามสัดส่วนที่กำหนด แล้วนำกาวเทใส่กระบอกสเปรย์กาวชั่งเส้นใยให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณนำเข้าเครื่องบดย่อยแล้วนำไปเทใส่เครื่องผสมกาวกับเส้นใย นำเข้าเครื่องบดย่อยอีกครั้ง จากนั้นชั่งน้ำหนักเส้นใยที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้วตามที่กำหนด นำไปโรยแผ่นเตรียมอัด แล้วนำไปอัดร้อนตามสภาวะที่กำหนดนำแผ่นที่ได้ไปปรับความชื้นเป็นระยะเวลา 7 วัน (วรธรรม, 2541)

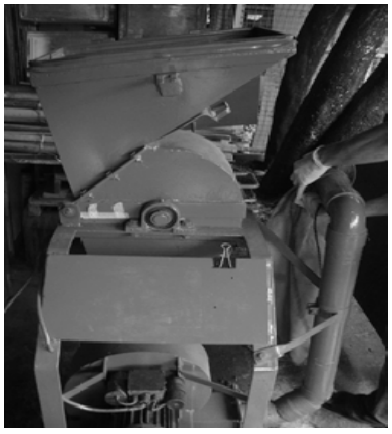
สภาวะต่างๆ ที่กำหนดในการผลิตแผ่น

ความหนาแน่น	900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ขนาดของแผ่น	350 x 350 x 10 มิลลิเมตร
ความชื้นของเส้นใยก่อนผสมกาวเฉลี่ย	3.15 เปอร์เซ็นต์
ปริมาณกาว*	10 เปอร์เซ็นต์
ปริมาณสารสกัดแทนนินแห้ง**	0.5 1 และ 5เปอร์เซ็นต์
ปริมาณสารเร่งแข็ง**	1.46เปอร์เซ็นต์
ความชื้นของเส้นใยหลังผสมกาวเฉลี่ย	6.33 เปอร์เซ็นต์
อุณหภูมิในการอัด	120 องศาเซลเซียส
ระยะเวลาในการอัด	5 นาที
แรงดันของเครื่องอัดร้อน	150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

<u>หมายเหตุ</u> * เทียบเป็นน้ำหนักแห้งเนื้อกาวต่อน้ำหนัก

** เทียบเป็นน้ำหนักแห้งของกาวอบแห้งของเส้นใย

Weighing fiber



Disintegrated mill

Fiber after disintegrated

Glue mixed with hardener

Glue mixed with tannin extract

Glue mixed

Glue spraying

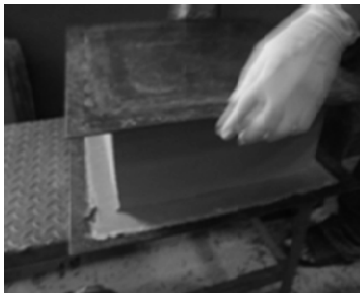
Disintegration after

W Weighing

Former

Mat forming

Prepressing



Caul plate

Hot pressing

Cooling

Figure 1. Production of medium density fiberboard from *Eucalyptus* spp.

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลดังนี้

3.1 การพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ 1 และ 24 ชั่วโมง (Thickness swelling 1 hr and 24 hrs, TS 1 hr and 24 hrs)

3.2 การดูดซึมหลังแช่น้ำ 1 และ 24 ชั่วโมง (Water absorption 1 hr and 24 hrs, WA 1 hr and 24 hrs)

3.2 ความต้านทานแรงดัด (Modulus of rupture, MOR)

3.3 มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of elastic, MOE)

3.4 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal bonding, IB)

3.5 ความชื้น (Moisture content, MC)

4. การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis)

โดยนำผลค่าการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นมาวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) (ศิริชัย, 2540) และเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้กับมาตรฐาน มอก.966– 2547:แผ่นใยไม้อัดความ หนาแน่นปานกลางและ JIS A 5905–2003:Fiberboards

5. การตรวจสอบปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Formaldehyde Emission)

การตรวจสอบปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ เพื่อศึกษาชั้นคุณภาพของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางตามมาตรฐาน EN 120:1997 Wood based panels–Determination of formaldehyde content–Extraction method called the perforator method

6.การตรวจสอบความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา (Density profile)

การตรวจสอบความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนาเป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรตามความหนาของแผ่น

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ผลการวิเคราะห์ขนาดเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส

เส้นใยไม้ยูคาลิปตัสที่ใช้ในการอัดแผ่นมีขนาดเส้นใยที่ผ่านตะแกรงขนาด 120 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 33.42 เปอร์เซ็นต์ มีความกว้างเฉลี่ย 0.13 ความยาวเฉลี่ย 1.16 และความหนาเฉลี่ย 0.07 มิลลิเมตร มีสัดส่วนความเพรียวของเส้นใยเท่ากับ 17.83

Table 1. Screen analysis of *Eucalyptus* spp.

Mesh no	Average mesh aperture (mm)	Average fibers dimension*			Slenderness ratio	Amount of fibers** (%)
		Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)		
–12+20	1.275	0.34	8.53	0.14	59.93	21.27
–20+40	0.638	0.31	5.47	0.13	41.27	17.31
–40+60	0.337	0.22	3.18	0.13	25.27	11.41
–60+80	0.215	0.19	1.95	0.11	17.28	8.06
–80+100	0.165	0.17	1.51	0.10	14.81	4.50
–100+120	0.135	0.14	1.33	0.07	18.23	4.03
–120	0.120	0.13	1.16	0.07	17.83	33.42

Note: *Each average value was measured from 100 fibers.

**Percentage value based on the weight of total fibers.

2. การหาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) การผ่อนความเป็นกรด (Acid buffering capacity) การผ่อนความเป็นด่าง (Alkaline buffering capacity) และการผ่อนความเป็นกรดเป็นด่าง (Acid and Alkaline buffering capacity)

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส มีค่า 4.85 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเส้นใยไม้กระถินเทพา (นครราชสีมา) แต่ต่ำกว่าเส้นใยไม้อะเคเซียออลาโคคาร์ปาและเส้นใยไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา และสูงกว่าเส้นใยไม้กระถินเทพา (ระนอง) สำหรับการผ่อนความเป็นกรดด่าง พบว่าเส้นใยไม้ยูคาลิปตัสที่ใช้ผลิตแผ่นทดลองมีการผ่อนความเป็นกรด เท่ากับ 75.00 และการผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างมีค่า 90.00 ซึ่งมีค่าสูงกว่ากว่าเส้นใยไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอะเคเซียออลาโคคาร์ปาและกระถินเทพา (นครราชสีมาและระนอง)

Table 2. Measurement of pH, Acid buffering capacity, Alkaline buffering capacity, Acid and alkaline buffering capacity of fiber.

Sample	pH Average	Acid buffering capacity milliequivalent ($\times 10^{-2}$)	Alkaline buffering capacity Milliequivalent ($\times 10^{-2}$)	Acid and Alkaline buffering capacity Milliequivalent ($\times 10^{-2}$)
Eucalyptus spp.	4.85	75.00	15.00	90.00
*Acacia crassicarpa**	5.45	25.27	1.00	26.27
Acacia aulacocarpa	5.36	12.10	3.33	15.43
Acacia manggium (Nakhonratchasima)	4.84	19.97	6.43	26.40
Acacia mangium (Ranong)	4.55	6.37	4.33	10.70

*****Woratham et al, 2008

3. สมบัติต่างๆ ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

จากการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ก่อนและหลังผสมสารสกัดแทนนิน พบว่า หลังผสมสารสกัดแทนนินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นส่วนค่าความหนืด เมื่อปริมาณสารสกัดแทนนินเพิ่มขึ้นค่าความหนืดลดลงและระยะเวลาการแข็งตัวของกาวมีระยะเวลาเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารสกัดแทนนินเพิ่มขึ้น

Table 3. The properties of ureaformaldehyde resin.

Glue	pH	Viscosity (cps)*	Gel time
UF**	7.63	275.00	44.11 sec
UF+tannin*** 0.5%	8.43	262.50	47.15 sec
UF+tannin 1%	8.87	258.33	56.58 sec
UF+tannin 5%	9.68	257.50	3.56 min

Note: *at 30°C spindle No.2 speed 60 rpm.

** UF at solid content 62.30%.

***using tannin extract solution (50% solid content) based on dry weight of tannin with dry weight urea formaldehyde.

4. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายและกลสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

4.1 การพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

การพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์โดยกำหนดปริมาณกาว 10 เปอร์เซ็นต์ผสมและไม่ผสมสารเร่งแข็ง พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้

กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็งและกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่า 6.77 และ 6.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็งกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็งให้ค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง เท่ากับ 6.64 6.06 4.32 และ 5.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดสอบ พบว่า แผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน1 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง มีค่าการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำต่ำที่สุด รองลงมา คือ แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง ส่วนแผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมและไม่ผสมสารเร่งแข็ง และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมและผสมสารเร่งแข็ง มีค่าใกล้เคียงกัน

Table 4. The properties of medium density fiberboardfrom *Eucalyptus*spp. using urea formaldehyde (UF)mixed with tannin extract at board density of 900 kg/m^3.

Condition	Properties							
	TS (%)		WA (%)		MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Moisture content (%)
	1 hr	24 hrs	1 hr	24 hrs				
UF 10%	6.77	13.55	29.77	45.14	49.92	3,608	1.52	7.64
UF 10%+HD 1.46%	6.43	13.04	26.90	40.72	51.98	3,675	1.10	8.57
UF 10%+Tannin 0.5%	6.64	13.49	27.83	45.27	48.58	3,584	1.72	7.95
UF 10%+Tannin 0.5% +HD 1.46%	6.06	14.21	27.65	44.86	45.47	3,604	1.13	7.95
UF 10%+Tannin 1% +HD 1.46%	4.32	12.52	20.80	41.36	46.73	3,500	1.19	8.55
UF 10%+Tannin 5% +HD 1.46%	5.19	13.84	22.78	45.89	46.61	3,179	1.29	9.06
JIS A 5905:2003 Type 30	–	≤12	–	–	≥30	≥2,500	≥0.5	5–13
TIS 966–2547	–	≤15	–	–	≥22	≥2,500	≥0.6	4.13

4.2 การพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

การพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ โดยกำหนดปริมาณกาว 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมและไม่ผสมสารเร่งแข็ง พบว่า แผ่น

ทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็งและกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่า 13.55 และ 13.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็ง มีค่าการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เท่ากับ13.49 14.21 12.52 และ 13.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง มีค่าการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำต่ำที่สุด รองลงมา คือ แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมสารเร่งแข็ง ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารเร่งแข็งมีค่าสูงที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 966–2547 : แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มีค่าการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสภาวะ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905–2003 : Fiberboards (Type 30) พบว่า ทุกสภาวะไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4.3 การดูดซึมหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

การดูดซึมหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์โดยกำหนดปริมาณกาว 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมและไม่ผสมสารเร่งแข็ง พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่า 29.77 และ 26.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็งให้ค่าการดูดซึมหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง เท่ากับ 27.83 27.65 20.80 และ 22.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดสอบ พบว่า แผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง มีค่าการดูดซึมหลังแช่น้ำต่ำที่สุด รองลงมา คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ผสมสารเร่งแข็ง และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมและผสมสารเร่งแข็งมีค่าใกล้เคียงกัน

4.4 การดูดซึมหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

การดูดซึมหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ โดยกำหนดปริมาณกาว 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมและไม่ผสมสารเร่งแข็ง พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็งและกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็งมีค่า 45.14

และ 40.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง ให้ค่าการดูดซึมหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 45.27 44.86 41.36 และ 45.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดสอบ พบว่า แผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่าการดูดซึมหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงต่ำที่สุด รองลงมา คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารเร่งแข็ง สำหรับแผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมและผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง มีค่าใกล้เคียงกัน

4.5 ความต้านทานแรงดัด

ความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์โดยกำหนดปริมาณกาว 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมและไม่ผสมสารเร่งแข็ง พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่า 49.92 และ 51.98 เมกะพาสคาล ตามลำดับส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง ให้ค่าความต้านแรงดัด เท่ากับ 48.58 45.47 46.73 และ 46.61 เมกะพาสคาล ตามลำดับ จากผลการทดสอบ พบว่า การใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็งมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905–2003 และมอก. 966–2547 พบว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสภาวะ

4.6 มอดุลัสยืดหยุ่น

มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์โดยกำหนดปริมาณกาว 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมและไม่ผสมสารเร่งแข็ง พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็งมีค่า 3,608และ 3,675 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน0.5 เปอร์เซ็นต์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง 3,584 3,604 3,500 และ 3,179 เมกะพาสคาล ตามลำดับ จากผลการทดสอบ พบว่า ทุกสภาวะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกัน

ยกเว้นแผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็งมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905–2003 และ มอก. 966–2547 พบว่า ทุกสภาวะผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4.7 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ โดยกำหนดปริมาณกาว 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมและไม่ผสมสารเร่งแข็ง พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย เท่ากับ 1.52 และ 1.10 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง ให้ค่าความต้านแรงดึงของแผ่นเท่ากับ 1.72 1.13 1.19 และ 1.29 เมกะพาสคาล ตามลำดับ จากผลการทดสอบ พบว่า แผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมสารเร่งแข็ง มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าทุกสภาวะ รองลงมาคือ แผ่นที่ใช้สภาวะกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง แผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารเร่งแข็งมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905–2003 และ มอก. 966–2547 พบว่า ทุกสภาวะผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4.8 ความชื้น

ความชื้นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์โดยกำหนดปริมาณกาว 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมและไม่ผสมสารเร่งแข็ง พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 7.64 และ 8.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ผลิตจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง ให้ค่าความชื้นเฉลี่ยของแผ่นเท่ากับ 7.95 7.95 8.55 และ 9.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดสอบ พบว่า แผ่นทดสอบทุกสภาวะมีค่าความชื้นใกล้เคียงกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905–2003 และ มอก. 966–2547 พบว่า ทุกสภาวะมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

Table 5. Regression analysis of medium density fiberboard from *Eucalyptus* spp. using urea formaldehyde (UF) mixed with tannin crude extract.

Properties	Condition					
	UF 10%	UF 10%+ HD 1.46%	UF 10%+ Tannin 0.5%	UF 10%+ Tannin 0.5%+ HD 1.46%	UF 10%+ Tannin 1%+ HD 1.46%	UF 10%+ Tannin 5%+ HD 1.46%
TS 1 hr.	Y=22.3445–0.0173X R^2=0.5855 n=18	Y=37.03–0.0278X R^2=0.5757 n=18	Y=31.6561–0.0278X R^2=0.8896 n=18	Y=25.9549–0.0221X R^2=0.5520 n=18	Y=9.8978–0.0062X R^2=0.0500 n=18	Y=22.4696–0.0192X R^2=0.0500 n=18
TS 24 hrs.	Y=22.205–0.0074X R^2=0.1611 n=18	Y=39.7436–0.0297X R^2=0.3240 n=18	Y=23.6573–0.0113X R^2=0.4239 n=18	Y=9.171–0.0056X R^2=0.0192 n=18	Y=26.648–0.0157X R^2=0.0597 n=18	Y=50.3848–0.0406X R^2=0.2079 n=18
WA 1 hr.	Y=146.144–0.1293X R^2=0.9032 n=18	Y=158.5734–0.1463X R^2=0.7313 n=18	Y=145.7281–0.131X R^2=0.8925 n=18	Y=145.2764–0.130X R^2=0.8664 n=18	Y=73.8957–0.059X R^2=0.4605 n=18	Y=109.9944–0.0969X R^2=0.5007 n=18
WA 24 hrs.	Y=159.4408–0.127X R^2=0.9618 n=18	Y=188.8563–0.1646X R^2=0.7822 n=18	Y=189.4467–0.1602X R^2=0.9312 n=18	Y=141.4275–0.1073X R^2=0.5943 n=18	Y=132.2604–0.101X R^2=0.4419 n=18	Y=194.4763–0.1651X R^2=0.5723 n=18
MOR	Y=–91.1959+0.1568X R^2=0.9800 n=18	Y=–63.4886+0.1283X R^2=0.8078 n=18	Y=–50.7812+0.1104X R^2=0.6614 n=18	Y=–53.8026+0.1103X R^2=0.67856 n=18	Y=–44.3511+0.1012X R^2=0.6842 n=18	Y=–108.9064+0.1728X R^2=0.8067 n=18
MOE	Y=–5977.9849+10.6512X R^2=0.9511 n=18	Y=–5458.326+10.1486X R^2=0.9496 n=18	Y=–6524.779+11.2321X R^2=0.8652 n=18	Y=–5130.118+9.7044X R^2=0.9365 n=18	Y=–7050.4382+11.7232X R^2=0.9102 n=18	Y=–11260.7091+16.0439X R^2=0.6036 n=18
IB	Y=–1.2686+0.0031X R^2=0.2455 n=18	Y=–2.3171+0.0038X R^2=0.3217 n=18	Y=–1.4297+0.0035X R^2=0.3714 n=18	Y=–1.9314+0.0034X R^2=0.1625 n=18	Y=–1.3665–0.0002X R^2=0.0013 n=18	Y=–2.1889–0.001X R^2=0.0139 n=18
MC	Y=11.1492–0.0039X R^2=0.6556 n=18	Y=9.0222–0.0005X R^2=0.0.0192 n=18	Y=5.2483+0.003X R^2=0.1032 n=18	Y=10.0246–0.0023X R^2=0.1326 n=18	Y=9.1752–0.0007X R^2=0.0095 n=18	Y=11.1309–0.0023X R^2=0.0460 n=18

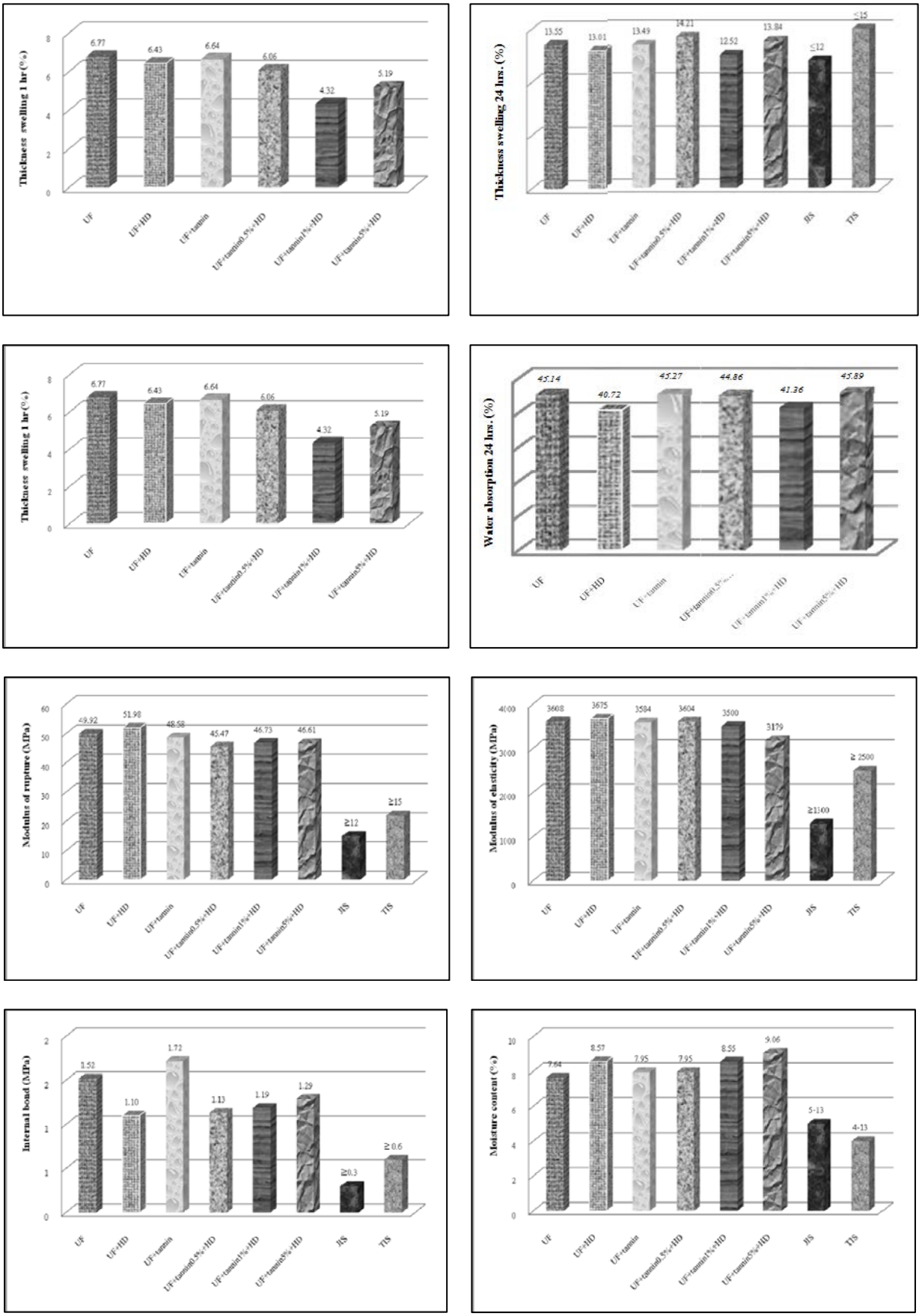


Figure 2. The properties of medium density fiberboard from *Eucalyptus* spp. using urea formaldehyde mixed with tannin extract at board density of 900 kg/m^3

5. การตรวจสอบปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Formaldehyde emission)

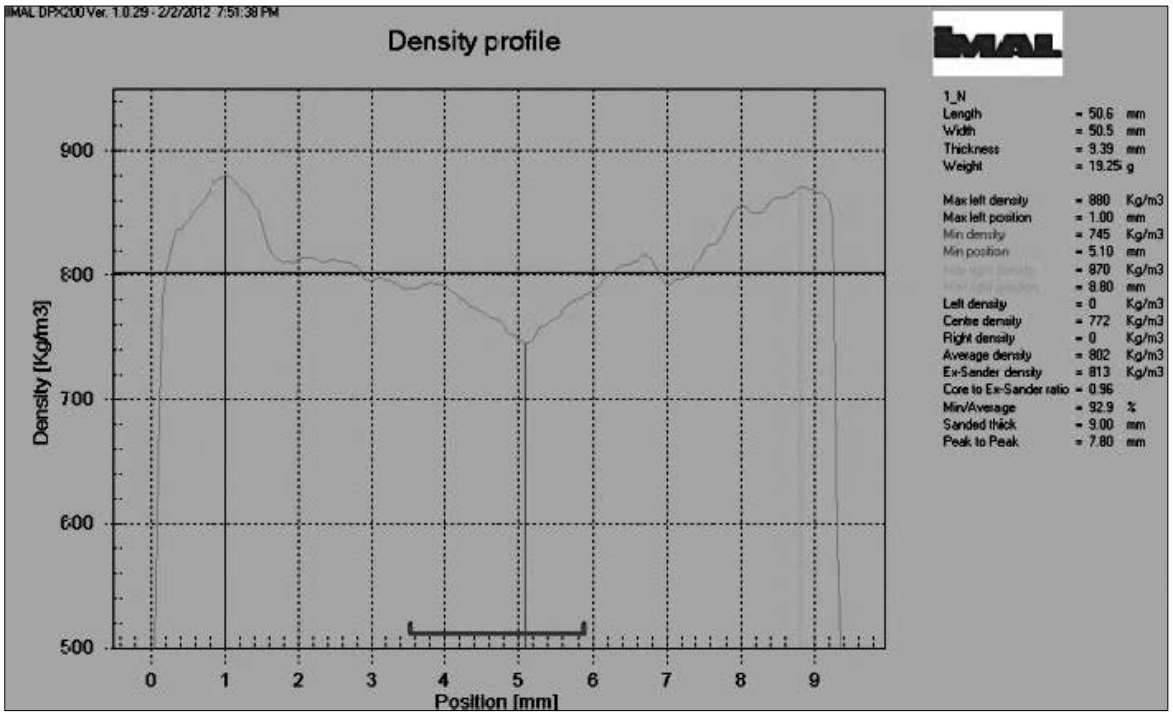
จากการตรวจสอบปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์จากแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนินและแบบผสมกับไม่ผสมสารเร่งแข็ง พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็งและกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่า 31.68 และ 27.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะเดียวกันแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง ให้ผลของสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ เท่ากับ 33.90 27.12 34.39 และ 33.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดสอบ เมื่อตรวจสอบปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็งและแผ่นทดสอบใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง มีปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ใกล้เคียงกัน ส่วนแผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง แผ่นทดสอบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมสารเร่งแข็ง แผ่นทดสอบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารเร่งแข็ง มีปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ใกล้เคียงกัน

Table 6. The formaldehyde emission of medium density fiberboard from *Eucalyptus* spp. using urea formaldehyde (UF) mixed with tannin extract according to EN 120.

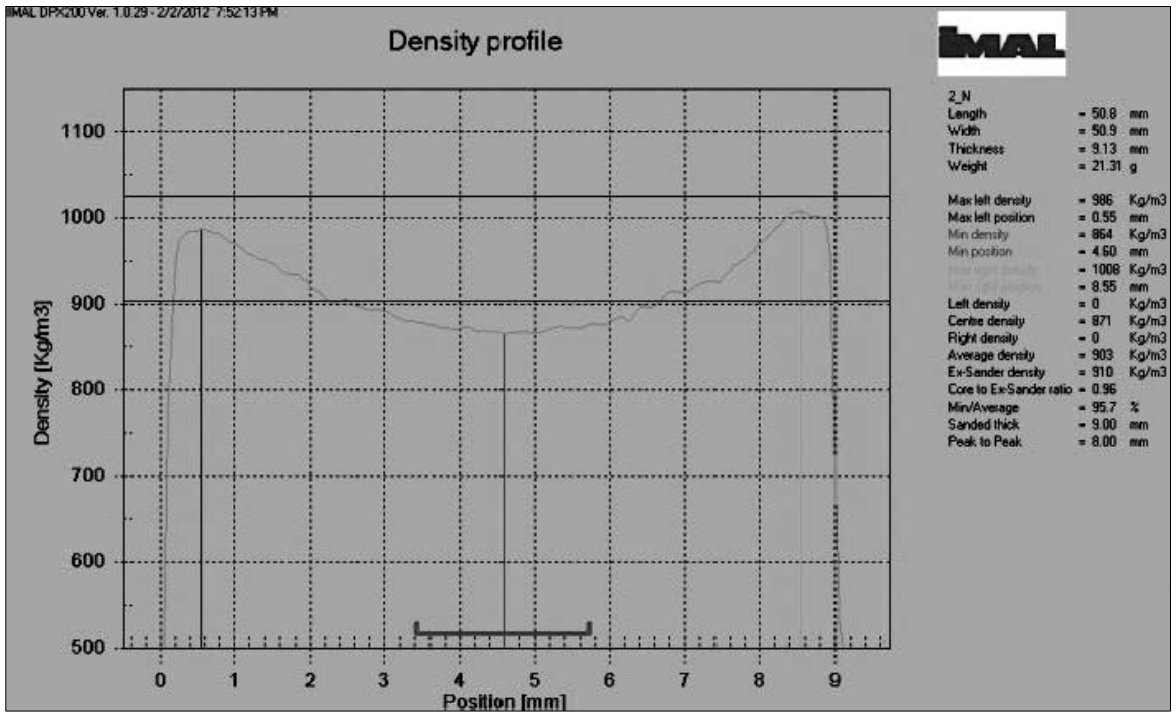
Condition	Formaldehyde emission (%)	Internal bonding(N/mm^2)	Board density (kg/m^3)
UF 10%	31.68	1.90	888.84
UF 10%+HD 1.46%	27.39	1.84	914.16
UF 10%+Tannin0.5%	33.90	1.98	959.77
UF 10%+Tannin0.5%+HD1.46%	27.12	1.96	954.32
UF10%+Tannin1%+HD1.46%	34.39	2.18	1,004.88
UF10%+Tannin5%+HD1.46%	33.06	2.01	1,004.94

6. การตรวจสอบความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา

ผลการทดสอบความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนาของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง จากเส้นใยยูคาลิปตัสโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนินและผสมสารเร่งแข็ง มีผลการทดสอบแบ่งตามสภาวะต่างๆ ดังนี้

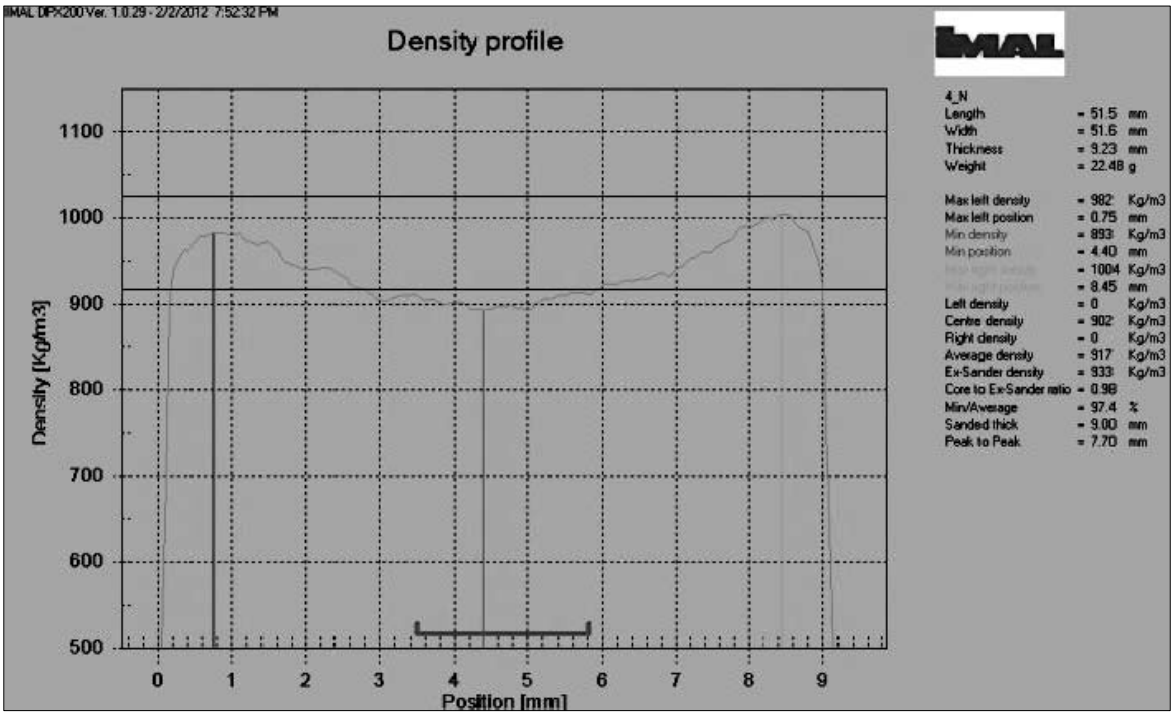


UF 10%

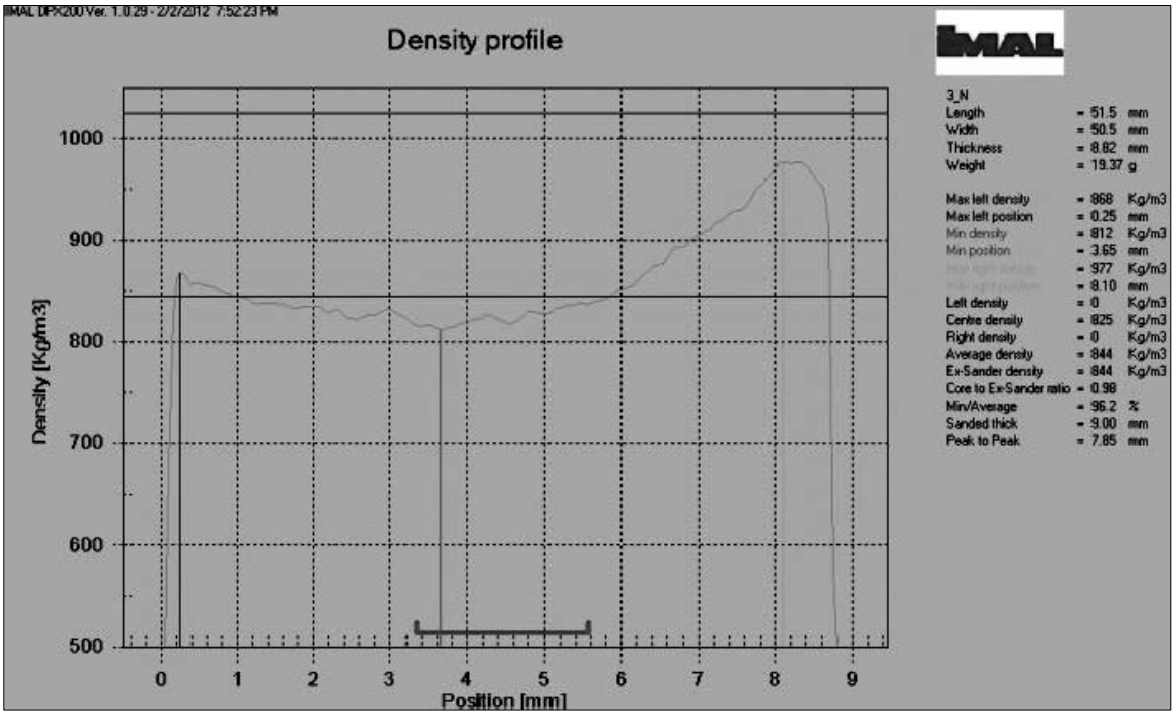


UF 10%+HD 1.46%

Figure3. The density profile of medium density fiberboard from *Eucalyptus* spp. using urea formaldehyde mixed with tannin extract.

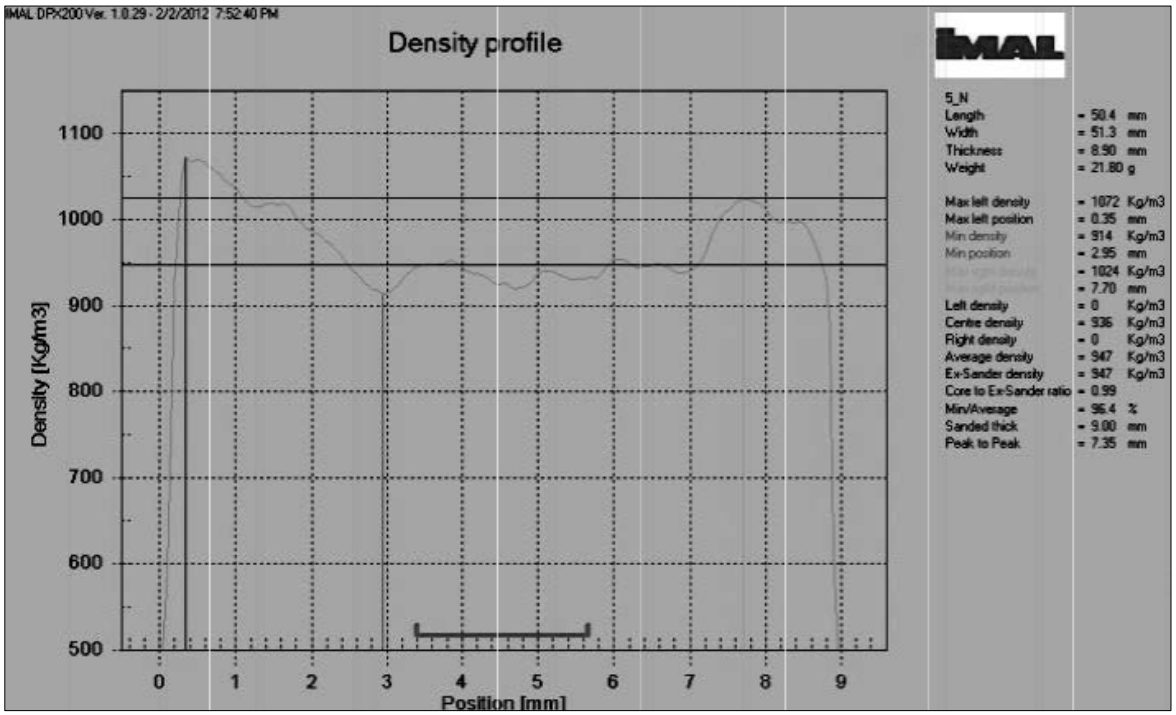


UF 10%+Tannin0.5%

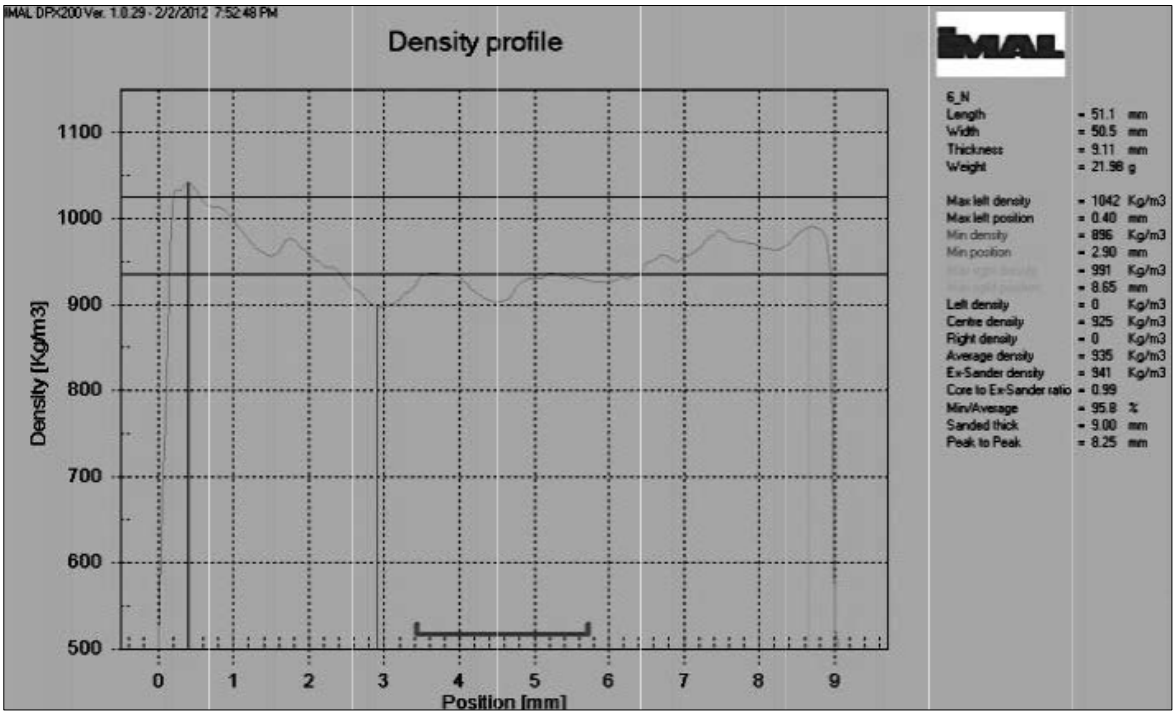


UF 10%+Tannin0.5%+HD1.46%

Figure3. The density profile of medium density fiberboard from *Eucalyptus* spp. using urea formaldehyde mixed with tannin extract. (cont.)



UF10%+Tannin1%+HD1.46%



UF10%+Tannin5%+HD1.46%

Figure3. The density profile of medium density fiberboard from *Eucalyptus* spp. using urea formaldehyde mixed with tannin extract. (cont.)

จากการทดสอบความหนาแน่นลดหลั่นตามความหนาของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากเส้นใยยูคาลิปตัสโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนินและสารเร่งแข็ง พบว่า

แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่าความหนาแน่นของแผ่นเฉลี่ย 802 และ 903 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์และสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์และสารเร่งแข็ง กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์ และสารเร่งแข็ง 844 917 947 และ 935 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากผลการทดสอบและเมื่อตรวจสอบความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็งและแผ่นทดสอบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแผ่นใกล้เคียงกัน ส่วนแผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง แผ่นทดสอบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารเร่งแข็งมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแผ่นใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ พบว่า ความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนาแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทุกแผ่นมีความหนาแน่นที่ชั้นไส้ต่ำกว่าชั้นผิว แต่ไม่มากนักโดยไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนใหญ่จะน้อยกว่า การผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางโรงงาน ลักษณะเช่นนี้แสดงผลถึงค่าความต้านทานแรงดัดและการยึดเหนี่ยวภายในที่สูงตามความหนาแน่นที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย

สรุปผล

การวิเคราะห์ขนาดเส้นใยไม้ยูคาลิปตัสที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มีขนาดที่ผ่านตะแกรงขนาด 120 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 33.42 เปอร์เซ็นต์ มีความกว้างเฉลี่ย 0.13 ความยาวเฉลี่ย 0.16 ความหนาเฉลี่ย 0.07 มิลลิเมตร และมีสัดส่วนความเพรียวเท่ากับ 17.83 ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่างของเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส มีค่า 4.85 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเส้นใยไม้กระถินเทพา (นครราชสีมา) แต่ต่ำกว่าเส้นใยไม้อะเคเซีย ออลาโคคาร์ปาและเส้นใยไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา และสูงกว่าเส้นใยไม้กระถินเทพา (ระนอง) แต่อย่างไรก็ตามได้พบว่าเส้นใยยูคาลิปตัสที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางครั้งนี้ให้ค่าการผ่อนความเป็นกรด เท่ากับ 75.00 การผ่อนความเป็นด่างเท่ากับ 15.00 และการผ่อนความเป็นกรดเป็นด่าง 90.00 ซึ่งมีค่าสูงกว่ากว่าเส้นใยไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อะเคเซีย ออลาโคคาร์ปา และกระถินเทพา (นครราชสีมาและระนอง) และการทดสอบคุณสมบัติของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้อัดแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มีความเข้มข้นของกาว เท่ากับ 62.30 เปอร์เซ็นต์ ความหนืด 275.00 เซ็นติพอยต์ pH 7.63 และระยะเวลาการแข็งตัวคล้ายวุ้น 44.11 วินาที และเมื่อผสมสารสกัดแทนนินจะทำให้ค่า pH เพิ่มสูงขึ้น ค่าความหนืดมีค่าลดลงและใช้ระยะเวลาการแข็งตัวคล้ายวุ้นเพิ่มสูงขึ้น

ผลการทดสอบแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางโดยใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณกาว 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมและไม่ผสมสารเร่งแข็งและผสมสารสกัดแทนนิน พบว่า ค่าการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ 1 และ 24 ชั่วโมงของแผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1

เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็ง มีค่าต่ำที่สุดสำหรับค่าการดูดซึมหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง ของแผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็งมีค่าต่ำที่สุด เช่นเดียวกับค่าการดูดซึมหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าแผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง มีค่าการดูดซึมหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงต่ำที่สุด ส่วนค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็งมีค่าสูงที่สุด และให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นในทุกสภาวะมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นแผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 5 เปอร์เซ็นต์และผสมสารเร่งแข็งมีค่าต่ำที่สุด ในกรณีของค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นทดสอบผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมสารเร่งแข็งมีค่าสูงที่สุดสำหรับค่าความชื้นแผ่นทดสอบทุกสภาวะมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อทำการทดสอบปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง พบว่า แผ่นทดสอบที่ผลิตด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็งมีค่าต่ำที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกับแผ่นทดสอบกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง ในส่วนของค่าความหนาแน่นลดหลั่นตามความหนาของแผ่น พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็งและแผ่นทดสอบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมสารเร่งแข็ง มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแผ่นใกล้เคียงกัน ส่วนแผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง แผ่นทดสอบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารเร่งแข็งมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแผ่นใกล้เคียงกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905–2003 : Fiberboards type 30 ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานสูงสุดของญี่ปน พบว่า ค่าการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสภาวะ แต่ค่าความต้านทานแรงดัด ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และค่าความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสภาวะ

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 966–2547: แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง พบว่า ค่าการพองตัวตามความหนาหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงค่าความต้านทานแรงดัด ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสภาวะ

เมื่อตรวจสอบปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็งและแผ่นทดสอบใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผสมสารเร่งแข็งมีปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ใกล้เคียงกัน ส่วนแผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ผสมสารเร่งแข็ง แผ่นทดสอบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมสารเร่งแข็ง แผ่นทดสอบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารเร่งแข็ง มีปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ใกล้เคียงกัน และเมื่อตรวจสอบความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา พบว่า แผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ไม่ผสมสารเร่งแข็งและแผ่นทดสอบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ผสมสารเร่งแข็งมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแผ่นใกล้เคียงกัน ส่วนแผ่นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารเร่งแข็ง แผ่นทดสอบยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมสารสกัดแทนนิน 0.5 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ผสมสารเร่งแข็ง มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแผ่นใกล้เคียงกัน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้โดยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และกาวติดไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้กรมป่าไม้ และขอขอบคุณบริษัทอะโกรไฟเบอร์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เส้นใยยูคาลิปตัส กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และสารสกัดแทนนินสังเคราะห์ ในการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางในครั้งนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นชิ้นไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการเลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 202 หน้า.

วรธรรม อุ่นจิตติชัยและคณะ. 2550. ประเภทของกาวติดไม้. ผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้จากเศษไม้และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้ 167 หน้า.

วรธรรม อุ่นจิตติชัยและคณะ. 2551. แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา. *ใน* รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2551.กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 449 หน้า.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2540. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 9. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 556 หน้า.

สุชาติ ไทยเพ็ชรและคณะ. 2551. ยูคาลิปตัสไม้เศรษฐกิจที่สำคัญ. กิจกรรมวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม้สวนปาเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม, สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง เอกสาร มอก. 966–2547 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

EUROPEAN STANDARD EN 120:1997 Wood based panels – Determination of formaldehyde content– Extraction method called the perforator method.

Japanese Industrial Standard, Japanese Standards Association. 2003. JIS A 5905 Standard Specification for fiberboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 21 p.